

23 9539

DESFIBRILADORES E CARDIOVERSORES: CONSIDERAÇÕES GERAIS E PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

Percy Nohama (★)

Maria Adélia Collier Farias (★ ★)

RESUMO

Um dos graves problemas enfrentados pelas instituições médico-assistenciais do país refere-se à manutenção dos equipamentos eletromédicos, seja pelos altos custos quando a manutenção é realizada por terceiros; seja pela baixa qualidade, em razão da falta de padronização ou de pessoal qualificado. Este trabalho apresenta os parâmetros típicos de desfibriladores comerciais (energia, duração do pulso, amplitude máxima, forma de onda...), enumera os equipamentos necessários, define a periodicidade e discrimina os procedimentos recomendados para a realização da manutenção preventiva, além de relacionar defeitos e causas mais comuns.

ABSTRACT

Preventive maintenance and repair of medical equipments are critical problems the Brazilian Hospitals have met, due to the high costs and low quality of services performed by private firms. This paper describes typical parameters of comercial defibrillators (such as energy, pulse duration, peak voltage, waveform, ...); relates which instruments must be used; defines periodicity; discriminates procedures which should be followed; and finally, describes the most current defects, their causes and possible solutions.

★ **Percy Nohama**, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná & Pontifícia Universidade Católica do Paraná, C.P. 8629, Curitiba, CEP 80.000, Paraná.

★ ★ **Maria Adélia Collier Farias**, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, C.P. 6040, Campinas, CEP 13.081, São Paulo.

I - INTRODUÇÃO

Em um coração normal, os impulsos elétricos gerados no nódulo sinusal (NS) coordenam e sincronizam a atividade eletromecânica (despolarização - repolarização e contração - relaxação, respectivamente) do miocárdio ventricular, a fim de produzir um bombeamento de sangue eficaz para todo o organismo. No entanto, certos distúrbios, como esclerose coronariana, choque elétrico, estimulação elétrica dos ventrículos durante o período vulnerável do ciclo cardíaco, drogas e outras doenças cardíacas, podem alterar a geração e/ou transmissão dos impulsos, resultando em algum tipo de arritmia [1].

A fibrilação ventricular (FV) é uma arritmia letal, caracterizada pela atividade descoordenada, aleatória e caótica das fibras ventriculares [2, 3], resultando em inativação da bomba cardíaca, conseqüentemente, interrompendo a circulação sanguínea. Se não for revertida a tempo, a FV pode causar danos cerebrais irreversíveis, em 3 a 5 min, devido à hipoxia e, finalmente, levar à morte [1]. A FV constitui-se no mecanismo mais comum de parada cardíaca em pacientes com isquemia cardíaca, freqüentemente como complicação do infarto agudo do miocárdio [4].

A desfibrilação constitui uma terapêutica na qual a aplicação momentânea de uma corrente elétrica de alta intensidade produz despolarização ou hiperpolarização de todas ou da maioria das células cardíacas, tornando-as inexcitáveis, por um instante, a fim de fazê-las retornar ao ritmo natural, determinado pelo marca-passo natural (NS).

A corrente desfibrilatória pode ser aplicada diretamente através do coração, por meio de eletrodos transventriculares (nos casos de cirurgia de peito aberto) ou indiretamente, através do tórax, com auxílio de eletrodos externos (nos casos de morte súbita). Na situação ulterior, apenas uma fração da corrente estimulatória passa pelo coração; por conseguinte, o sucesso desfibrilatório dependerá, além da intensidade, da distribuição de corrente pelo coração.

Inúmeros fatores determinam a eficácia do processo desfibrilatório, como discutido por Crampton (1980) [5] e Lake et alli (1984) [6]. Destacam-se os seguintes fatores: energia do pulso, a forma de onda e duração do pulso, o tipo de descarga, a resistência transtorácica, a massa crítica desfibrilatória, o tamanho dos eletrodos, a eficácia da manobra cárdio-respiratória, o perfeito funcionamento do desfibrilador, a concentração iônica, danos cardíacos anteriores, a temperatura e o tempo de fibrilação. Entretanto, em clínica médica, o procedimento de rotina limita-se a escolher a energia do pulso, que depende do peso do paciente (fator bastante controverso) ou tamanho do coração, e do modo de aplicação (transtorácico ou transventricular).

II - DESFIBRILADORES E CARDIOVERSORES

O desfibrilador constitui um equipamento eletromédico projetado para aplicar uma descarga

elétrica («contrachoque») capaz de reverter a fibrilação ventricular em um estado compatível com a vida.

Outras arritmias menos sérias podem, também, ser revertidas por meio de descarga elétrica; porém, esta deve ser aplicada sincronizadamente com o complexo QRS do ECG, para evitar sua ocorrência dentro do período vulnerável do ciclo cardíaco (onda T do ECG). Esse procedimento é denominado de cardioversão [7] e o equipamento utilizado, de cardioversor.

Tipos de Desfibriladores

Os desfibriladores podem ser classificados em função de aspectos funcionais e técnicos. O aspecto funcional leva em consideração sua mobilidade e o campo de aplicação. Nesse sentido, os desfibriladores - cardioversores podem ser divididos em: portáteis (uso em ambulâncias e locais fora do hospital), semiportáteis (uso dentro do hospital), estacionários (utilização exclusiva em UTI, UCC, ...) e implantáveis (pacientes com alto risco de morte súbita, resistentes às drogas e outros procedimentos clínicos). Os desfibriladores portáteis possuem monitor de ECG e carregadores de bateria acopláveis.

O aspecto técnico considera os métodos empregados para gerar/liberar o «contrachoque». Neste âmbito, os desfibriladores podem ser classificados em: de CA, de pulsos senoidais, por descarga capacitiva, de corrente e por ultra-som.

Apesar da primeira desfibrilação em humanos, realizada por Beck, em 1947, ter empregado um desfibrilador de CA, devido as suas inúmeras desvantagens e perigos [8, 9], hoje, clinicamente, empregam-se somente desfibriladores DC, do tipo por descarga capacitiva. Dentro dessa categoria, há, entretanto, diversas variantes, especialmente com relação à descarga da energia armazenada. Por isso, pode-se enumerar: a) descarga submorteccida (forma de onda «Lown-Gurvich»), b) descarga criticamente amortecida (formas de onda «Edmark» e «Pantridge»), c) descarga através de dupla rede LC, d) trapezoidal, e e) exponencial truncada. A figura 1 ilustra as respectivas formas de onda e amplitudes máximas típicas de alguns equipamentos comerciais.

Por meio da tabela 1, apresentam-se os parâmetros típicos de alguns desfibriladores DC comerciais.

III - MANUTENÇÃO

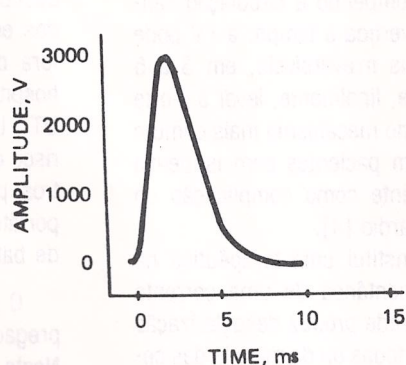
Desfibriladores são equipamentos criticamente importantes que não podem falhar pois suas falhas podem implicar a morte do paciente. Inúmeros fatores podem induzir ao insucesso desfibrilatório / cardioversor, tais como: erro do operador no manuseio do equipamento (troca entre modo de disparo instantâneo e sincronizado), técnicas clínicas não adequadas, falhas ou perigos provocados por deficiências no projeto e fabricação do

equipamento, deteriorização de certos componentes (capacitores, relés, chaves, ...) face ao tempo de uso ou devido a abusos, pás mal projetadas, quebra dos fios nas pás, mau contato ou danificação dos conectores dos cabos, dano no cabo de alimentação e falha de bateria.

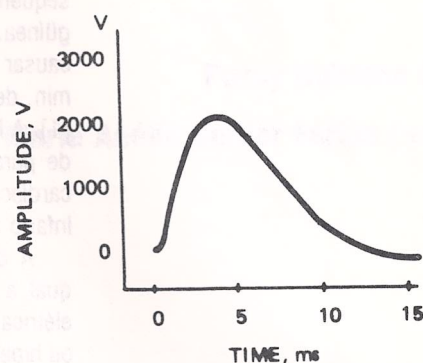
Além de intrinsecamente perigosos, não há tempo para corrigir falhas durante uma emergência. Por isso, carecem de manutenção preventiva periódica, cujo intervalo recomendado pelo Emergency Care Research Institute (ECRI) americano é de três meses para desfibriladores alimentados com a CA da rede, e um mês, para os equipamentos à bateria e àqueles que ficam submetidos a estresse ou uso com finalidades pedagógicas [12].

Além disso, é imprescindível que se faça um relatório da inspeção, para possibilitar uma avaliação histórica do equipamento.

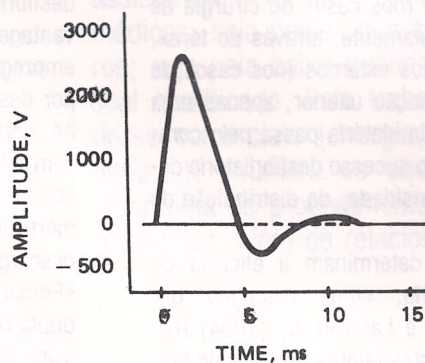
A adoção de uma manutenção técnica trimestral não isenta o pessoal do corpo clínico de suas responsabilidades com a manutenção do desfibrilador, no que tange à: (1) limpeza das pás após cada utilização, (2) esterilização dos eletrodos de desfibrilação interna, (3) limpeza do desfibrilador, (4) não utilização do equipamento como suporte para outros instrumentos e/ou objetos, (5) recarga da bateria no caso de desfibriladores portáteis, (6) notificação imediata ao setor de manutenção quando houver suspeita ou for percebida qualquer anormalidade no equipamento ou seus acessórios.



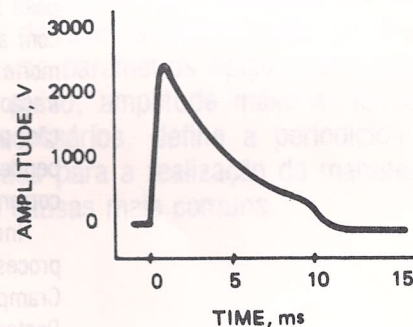
Critically damped, or
Edmark (300-320J)



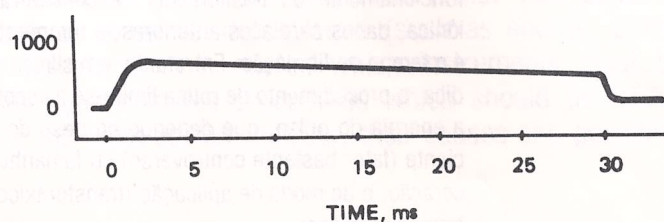
Critically damped, or
Pantridge (300-320J)



Underdamped sinusoidal,
or Lown (320J)



Truncated exponential
(300J)



Trapezoidal (300J)

FIG. 1 - Formas de onda típicas de vários desfibriladores comerciais (de ECRI, 1980).

TAB. I - Desfibriladores Comerciais — parâmetros típicos. (Extraído e adaptado de ECRI [10, 11], Catálogos de fabricante TEB, Instramed e Funbec).

Parâmetro	W	Vp	Ip	Td	Tcm	Forma de onda	Cardioversão	Energia indic. (armaz. ou liber.)
Marca	(Ws)	(V)	(A)	(ms)	(s)			
Air Shields LPD II	360	—	—	4	—	—	Sim	—
American Optical Pulsar 4	300	2245 —615	55,9 —12,3	4,5 4,3	5,3	«Lown»	Sim	—
B-D Med. Systems ELD-320W	300	2560	51,2	5,3	—	—	Sim	—
Birtcher 489	400	—	—	4	—	—	Sim	—
Burdick 190/195	360	—	—	8,7	—	—	Sim	—
Card. Recorders Life Aid	300	2220	44	11,7	—	—	Não	—
Datascope M/D2	342	3000	60	4,7	10	«Edmark»	Sim	Armaz.
E for M 15 D-24	360	—	—	7,1	—	—	Sim	—
Gould Life Guard 1500	306	2918	58	4,1 9	9,5	«Lown»	Sim	Armaz. e liber.
Gould Life Guard 1510	339	3083	62	4 8,4	8	«Lown»	Sim	Armaz. e liber.
HP 78620 A	300	2545	50,9	5,2	—	Sen. amortecida	Sim	—
Litton SC 820	350	—	—	7,1	—	—	Sim	—
Mennen-Breatbatch 936/M	365	2877	57	6,1	13,5	«Edmark»	Sim	Armaz. e liber.
MRL Porta Pak 500 PB	270	820	16	26	6	Trapezoidal	Não	Liber.
Physio Control Lifepak 2	310	2800	58	6	8	—	Sim *	Liber.
Physio Control Lifepak 3	340	2880	57	5	8,5	«Edmark»	Sim	Armaz. e liber.
Physio Control Lifepak 4	333	2877	57	5,1	9,5	«Edmark»	Sim	Liber.
Physio Control Lifepak 5	300	2390	48	8,6	—	—	Sim	Liber.
Physio Control Lifepak 6	360 * 400 *	3000	60	9	10	«Edmark»	Sim	Armaz. e liber.
Physio Control Lifepak 7	360 * 400 *	3000	60	9	10	«Edmark»	Sim	Liber.
Physio Control Lifepak 33	350	2900	58	6	15	Sen. amortecida	Sim	Liber.
Pioner 2015A	320	—	—	3,7	—	—	Sim	—
Roche 7800-03	300	2375	48	10,3	—	—	Sim	—
Safeguard 3	320	—	—	6	—	—	Não	—
Siemens Sirecard	300	2465	49,3	5	—	Sen. amortecida	Não *	—
Surv. Instr. Safeguard II	300	2675	53,5	4,8	—	—	Sim	—
Travenol Laboratories Monopulse 807B	190	1200	25	20	8	—	Sim	Liber. sobre carga de 75 ohms
Funbec DF-01	400 450	—	—	4	10 (350J)	«Edmark»	Sim	Armaz. e liber.
Instramed HS - 01	360	—	—	—	10	Sen. amortecida	Sim	—
TEB DF-01	360	—	—	—	12	Sen. amortecida	Sim	—

W = energia armazenada/liberada; Vp = amplitude máxima do pulso; Ip = pico de corrente; Td = duração do pulso; Tcm = tempo de carga; * = Opcional; = Testes realizados com este nível de energia.

III.1 - Manutenção Preventiva

Para permitir eventual uso do desfibrilador em situações de emergência, recomenda-se que a manutenção preventiva seja realizada no local de uso, e que uma segunda pessoa acompanhe o técnico para prestar-lhe socorro, em caso de acidente.

III.1.1 - Instrumentos de Teste Necessários

Para realização de uma avaliação minuciosa, recomenda-se o emprego dos seguintes instrumentos: analisador de desfibriladores - cardioversores, simulador de ECG e arritmias cardíacas, ohmímetro com resolução de 0,01 ohms, medidor de corrente de fuga, cronômetro, osciloscópio com memória e escala milimetrada.

III.1.2 - Procedimento Recomendado

III.1.2.1 - INSPEÇÃO

A primeira fase da manutenção preventiva encerra a análise das condições gerais do desfibrilador, que abrange: todos os aspectos referentes à limpeza do aparelho e das pás, sua localização, mobilidade, instalações elétricas e físicas, existência de acessórios (eletrodos e cabos de ECG, «gel», pás para desfibrilação transventricular, pás pediátricas, ...), baterias carregadas e carregador de baterias acoplado ou próximo, integridade de todos os controles, chaves, lâmpadas, sinalizadores, medidor de energia, conectores e cabos.

III.1.2.2 - MEDIDAS

Os parâmetros de maior relevância a serem verificados são: energia liberada, tempo de atraso para sincronismo da cardioversão, correntes de fuga, isolamento de entrada e monitoração de ECG.

1) Energia liberada: selecionar vários níveis de energia e descarregar o desfibrilador sobre um medidor de energia calibrado para medi-la sobre um resistor não indutivo, de 50 ohms (impedância transtorácica média). Comparar com os valores inscritos no próprio desfibrilador. Havendo discrepâncias (ocorrem principalmente nos desfibriladores calibrados em termos de energia armazenada)

Parâmetro da onda	Resistência de carga (50 ohms)	
I _p (A)	66 k	I _p 45 k
I _R (A)	18 k	I _R 0,0
t _r (ms)	1,42	t _r 0,4
T50 (ms)	4,17	T50 2,1
T10 (ms)	9,2	T10 3,1
$k = \sqrt{E/360}$ (E = Energia indicada)		

TAB. II - Parâmetros típicos da onda senoidal amortecida (ANSI/AAMI - DF-2).

[13], e sendo possível a correção, efetua-la, caso contrário colar uma etiqueta com os valores corretos. Para efeitos de calibração, o máximo erro admissível é de 4 Ws ou 15%, qual for maior [14].

2) Energia perdida após 30s: descarregando-se o desfibrilador 30s depois de carregado, a energia liberada não deverá ser inferior a 85% da energia liberada quando descarregado imediatamente após sua carga.

3) Repetição de descargas: nos episódios ressuscitatórios, podem surgir situações que necessitem de múltiplas descargas desfibrilatórias. Por isso, verificar: a) o nível de energia liberada após dez descargas sucessivas, em nível máximo e, b) o tempo para carga da décima tentativa (que deve ser inferior a 30s). Falhas nesse teste indicam problemas com a bateria.

4) Tempo de carga para máxima energia: não deve ultrapassar a 10s.

5) Análise da forma de onda: acoplando-se um analisador de desfibriladores a um osciloscópio com memória, torna-se possível a avaliação da forma de onda desfibrilatória. Sua importância decorre, principalmente, em função de suas implicações fisiológicas, já que sua duração (T10 ou T50), amplitude máxima (I_p) e tempo de subida (T_s) devem permanecer dentro dos limites seguros, estabelecidos pela ANSI/AAMI DF-2, [15] e apresentados na tabela II, em conformidade com a figura II. Por outro lado, ruídos excessivos, no início e final da descarga, representam indícios de problemas de «bounce», no relé de transferência.

6) Operação no modo sincronizado (cardioversão): para testar cardioversores, é preciso simular o complexo QRS (sinal de disparo do cardioversor) e medir o tempo de resposta (disparo do pulso de cardioversão). Um dos seguintes métodos pode ser empregado: a) com auxílio de um simulador de ritmos cardíacos e um osciloscópio com memória, injetar um sinal padrão de ECG através das entradas de captação de ECG do cardioversor; conectar uma das entradas do osciloscópio ao simulador e a outra ao desfibrilador (atenção: por meio de um divisor resistivo de 50 ohms, com atenuação mínima de 100:1). Com o oscilos

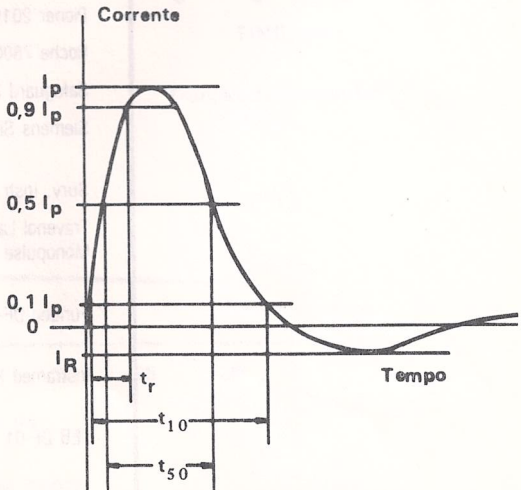


FIG. 2 - Representação gráfica dos parâmetros típicos do pulso senoidal amortecido (de ANSI/AAMI).

cópio posicionado no modo «External Trigger», efetuar uma descarga de 50 Ws. O disparo do cardioversor deve ocorrer em, no máximo, 40 ms após o ápice do complexo QRS; b) por meio de um testador de sincronismo de cardioversores, que fornece diretamente a resposta, sem necessidade do emprego de simulador ou osciloscópio, à semelhança do equipamento desenvolvido no CEB - UNICAMP [16].

7) Correntes de fuga: a) para terra: medir a corrente de fuga do chassis do desfibrilador e do carregador de baterias, de cada eletrodo de ECG e das pás desfibrilatórias, para o terra. Medi-las com o equipamento desligado, ligado e sob regime de carga. Se o equipamento pode ser alimentado à rede de CA ou via carregador, realizar esses testes com o carregador ligado e alternadamente aterrado, não aterrado e não aterrado com o plugue invertido na tomada. Para o caso do chassis, a fuga não deve exceder a 100 uA; para eletrodos e pás, a 50 uA (ou 10 uA para os desfibriladores com entrada isolada). Se, na prática clínica, o desfibrilador não é usado enquanto conectado à rede, medir somente a fuga de chassis para terra, com tolerância máxima de 500 uA; b) entre eletrodos: medir a corrente de fuga entre pares de eletrodos e entre as pás. Se o gabinete do desfibrilador for metálico, medi-la entre cada eletrodo ou pá e o gabinete. Efetuar as medidas com o equipamento ligado, em regime de carga e totalmente carregado. O limite permissível é de 50 uA (10 uA se a entrada for isolada) [17]. Observação: não efetuar essas medidas durante a descarga.

8) Resistência de terra: para os desfibriladores alimentados com CA ou por meio de carregador embutido, medir a resistência entre pino de terra do cordão de alimentação e as partes metálicas expostas do chassis. Essa resistência deve ser inferior a 0,15 ohms. Havendo carregador de baterias acoplável, testá-lo observando os mesmos requisitos. Para unidades exclusivamente à bateria, verificar o aterramento do carregador e de grandes áreas metálicas do desfibrilador enquanto interconectados, para garantir segurança ao operador. Medir, ainda, a resistência entre o terminal «RI» e o terra do carregador, para determinar se a unidade possui entrada isolada.

9) Isolação de entrada: equipamentos com entrada isolada apresentam altíssima resistência entre terminal «RI» e terra. Este procedimento só deverá ser realizado se essa resistência for superior a 100 kohms. Para tal, conectar uma fonte para teste de isolamento, de 120 Vca, através de um resistor de 120 kohms e um medidor de corrente de fuga, ao terminal «RI» e medir a intensidade de corrente. Esta não deverá ultrapassar a 20 uA (10 uA, se ligado diretamente ao conector do cabo de paciente).

10) Monitor de ECG: injetar um sinal padrão de ECG, por meio de um simulador de ritmos car-

díacos. Verificar se aparecem ruídos, deslocamento da linha de base ou distorções. Testar os controles de intensidade, congelamento de imagem, deslocamento vertical do feixe, velocidade de varredura e ganho. Comparar os resultados com o padrão eletrocardiográfico. Caso se deseje verificar a resposta em frequência, seguir os procedimentos recomendados para avaliação de monitores.

11) Pulso interno de calibração (1 mV): verificar se a altura do pulso corresponde ao ganho ajustado.

12) Alarme e sinalizador de QRS: verificar o funcionamento dos alarmes para indicação de bradi e taquicardia, injetando os sinais correspondentes via simulador de ritmos cardíacos.

13) Velocidade de varredura: aplicar um sinal de ECG padrão (60 bpm) por meio do simulador de ritmos e medir, no monitor, a distância entre picos sucessivos de complexos QRS.

14) Descarga interna da energia armazenada: verificar se a descarga interna funciona adequadamente quando seu controle é ativado. Verificar, ainda, se há descarga interna automática temporizada, quando uma tentativa desfibrilatória é refutada ou quando o equipamento é desligado.

15) Outros testes: dependendo do modelo, recursos, características e aplicação do desfibrilador, efetuar avaliação de desempenho compatível. Na falta dos equipamentos necessários, desenvolver métodos e alternativas que possibilitem uma aferição segura e satisfatória.

Para facilitar a rotina de manutenção, sugere-se a aquisição de um testador de desfibriladores do tipo «go-no go» para ser utilizado, diariamente, pelo operador (corpo clínico) e um analisador de desfibrilador - cardioversor, para ser empregado pelo técnico, em suas inspeções periódicas. Além disso, recomenda-se o emprego de um formulário específico, tal como o apresentado ao final deste artigo [12, 18, 19].

III.2 - Manutenção Corretiva

Ao consertar um desfibrilador, o técnico precisa tomar precauções quanto à segurança elétrica, principalmente, pelos riscos ocasionados pela alta-tensão produzida. Quando exigida a substituição de componentes, estes devem ser rigorosamente equivalentes e de qualidade comprovada, especialmente com relação ao capacitor de armazenamento, o(s) indutor(es) de amortecimento da descarga, o relé de comutação (ou lâmpadas xênon e/ou transformador de pulsos associado) e os componentes que ficam submetidos à alta tensão [20], além dos dispositivos que sofrem desgaste ou quebras, como chaves, conectores, cabos e pás.

Na tabela III, são listadas várias situações de anormalidade, suas prováveis causas e possíveis medidas corretivas. O quadro não pretende englobar todos os casos, apenas indicar os problemas mais frequentes.

TAB. III - Manutenção corretiva de desfibriladores: defeitos, causas e soluções.

Defeito	Causa provável	Medida corretiva
1. Equip. não funciona quando acionado	Bateria descarregada	Recarregar/substituir
	Fusível queimado	Substituir e se voltar a abrir, verificar o estágio de fonte.
	Circuito liga/desliga defeituoso	Verificar relé e estágio associado
	Circuito conversor CA-CC defeit.	Verificar
2. Energia armazenada não é liberada ao paciente ou à resistência interna de teste quando os controles das pás são acionados.	Defeito nas pás	Verificar continuidade das pás e e circuitos de transferência
	Circuito lógico ou relé de transferência defeituosos.	Verificar circuito lógico e relé
3. Energia armazenada não é dissipada imediatamente após equipamento ser desligado ou pás acionadas em aberto.	Def. no relé de descarga autom.	Substituir o relé
4. Equipamento carrega-se automaticamente quando ligado	Circ. de descarga automática def.	Verificar esse circuito
	Circuito de controle de carga def.	Verificar
5. Descarga automática não atua quando seletor de nível de energia é alterado antes da descarga pretendida	Chave ou circuito de carga em em curto	Verificar chaves (painel frontal e pás)/circuito de carga
	Resistor de carga interna aberto	Substituir
6. Equip. falha em atingir níveis mais altos de energia	Circ. de descarga automática def.	Verificar
	Circuito de carga def.	Verificar
7. Equip. não carrega quando o acionador é ativado	Fuga no relé de descarga autom.	Substituir
	Bateria descarregada	Recarregar/Substituir
	Circuito de seleção de nível def.	Verificar
	Circuito aberto na trava das pás	Verificar: conector/continuidade
	Circ. selegor carga/descarga def.	Testar continuidade do seletor, nas pás e painel frontal
	Relé de transferência defeituoso	Testar continuidade nos contatos do relé de carga e na fiação
	Circ. de controle e/ou de carga («Flyback» e outros, de AT)	Verificar
8. Equip. continua se carregando apesar de já ter atingido o nível ajustado	Circ. de seleção de nível de energia defeituoso	Testar circuito comparador e fim de carga
9. Equip. falha em permanecer no estado «pronto» depois da carga	Circuito de acionamento do relé de descarga interna automática def.	Verificar
10. Indicador de carga não responde ou não atinge o nível de energia armazenada	Def. no circ. de controle de carga	Verificar esse circuito
	Def. no circ. de carga	Verificar esse circuito
	Def. no circ. de seleção de energia	Verificar esse circuito
	Def. no acionador das pás	Verificar as pás
11. Indicador de carga sinaliza pronto mas não há energia disponível	Circ. de seleção de energia def.	Verificar esse circuito
	Lógica de controle de carga def.	Verificar esse circuito
12. Indicador luminoso de liga/desliga enfraquece durante a operação	Bateria descarregada/defeituosa	*Recarregar/Substituir
13. Tempo de carga excede a 10s para atingir carga máxima	Bateria com pouca carga	Recarregar/Substituir
	Circuito de controle de carga def.	Verificar
	Circuito de carga def.	Verificar
	Capacitor de carga def.	Verificar
14. Não há retenção de carga	Circuito de recarga def.	Verificar
	Def. no circ. comparador de nível de carga	Verificar
15. Interferência no monitor quando ECG é captado pelas pás	Capacitor de armazenam. com fuga	Substituir
	Mau contato entre blocos monitor-desfibrilador, se módulos acoplados	Verificar contatos e continuidade entre pás e pré-amplificador
	Pás defeituosas	Verificar
	Relé ou circ. lógico de transf. def.	Verificar
16. Interferência no monitor quando ECG é captado através dos eletrodos e cabo de ECG	Mau contato ou má colocação	Inspecionar eletrodos
	Evaporação ou falta de «gel»	Verificar a data de validade
	Cabo de captação defeituoso	Substituir
	Circ. de CMR defeituoso	Verificar desempenho

TAB. III - Manutenção corretiva de desfibriladores: defeitos, causas e soluções (Continuação).

Defeito	Causa provável	Medida corretiva
17. Interferência excessiva de 60 Hz quando ECG é captado via pás desfibrilatórias	Def. no sistema de pás	Substituir
	Contatos deslizantes def.	Limpar
	Relé de transferência def.	Verificar contatos desse relé
	Filtro «notch» de 60 Hz def.	Verificar o desempenho
18. Monitor não mostra ECG captado via cabos do paciente mas mostra sinal de cal.	Cabo do paciente com defeito	Testar continuidade
	Circuito pré-amplificador def.	Verificar desempenho
	Seletor de derivações ou fiação def.	Verificar
19. Monitor não mostra ECG captado via pás mas mostra sinal de cal	Pás defeituosas	Substituir
	Interconexão monitor-desfibrilador com problemas	Limpar ou substituir conector
	Relé de transferência def.	Substituir
	Seletor de modo de captação def.	Substituir
20. Traço do CRT fraco ou não aparece	Controle de intensidade desregulado	Ajustar
	Mau contato no conector do CRT	Limpar contatos
	Circ. de varredura/deflexão def.	Testar
	Fonte de MAT defeituosa	Verificar
	CRT defeituoso	Rejuvenescer/substituir
	Chave seletora defeituosa	Substituir
21. Sinal de cal. não aparece no CRT mas o sinal de ECG sim	Circ. de sinal de cal. defeituoso	Verificar
22. Sinal de ECG não é mantido quando seletor de congelamento de imagem é acionado	Circuito de congelamento def.	Verificar
	Controle de nível de ECG baixo	Ajustar para maior amplitude
	Seletor defeituoso	Substituir
23. ECG incorreto quando em presença de equipamento de transmissão	Perda de blindagem de IRF	Inspecionar a fiação (rupturas)
24. Falta de indicação sonora de sistole	Potenciômetro de volume def.	Substituir
	Circ. processador de sistole def.	Testar
	Gerador de tom def.	Verificar
	Alto-falante def.	Substituir
	Seletor modo de disparo def.	Substituir
25. Disparo sincronizado não funciona mas há sinal de ECG	Detetor de QRS def.	Testar filtro e detetor de limiar
	Controle de nível de ECG baixo	Ajustar nível até que o bip de sistole torne-se audível
	Circ. de controle de disparo sincronizado defeituoso	Testar
	Contatos intermódulos defeituoso	Limpar
	Nível de ECG muito baixo	Ajustar nível até que o bip de sistole torne-se audível
26. Detetores de bradi e taquicardia não operam	Circ. medidor de frequência def.	Verificar/calibrar
	Nível de ECG muito baixo	Ajustar nível até que o bip de sistole torne-se audível
27. Cardiotacômetro não mede a frequência correta	Circ. medidor de frequência def.	Verificar/calibrar
28. Registrador de papel não funciona	Fonte de alimentação def.	Testar
	Motor acionador de papel def.	Substituir
29. Motor do registrador funciona mas não traça no papel	Aquecedor de pena desajustado	Ajustar/substituir
	Pena entortada/mal ajustada	Ajustar/substituir
	Circuito aquecedor de pena def.	Verificar
30. Registrador funciona mas a pena permanece deflexionada em um lado ou não responde e permanece no centro	Motor acionador de pena def.	Substituir
31. Indicador de subtensão de bateria não atua	Circuito de detecção de subtensão defeituoso	Verificar
32. Sinalizador indica mas baterias não se carregam com plena carga	Def. das baterias	Substituir
	Fonte do carregador desregulada	Reajustar
	Fonte de 12V muito baixa	Eleva para até 15V
	Carregador de baterias usado sob temperaturas muito baixas/altas	Utilizar sob temp. = 22 C

Dados obtidos e adaptados dos manuais de serviço dos desfibriladores Physio Control Lifepak 4, 5, 6, 6s e 7, e das fichas de manutenção do CEB-UNICAMP (1989).

DESFIBRILADORES - CARDIOVERSORES

Formulário de Manutenção

Local: _____ N.º Série: _____
Modelo: _____ N.º Patrimônio: _____
Marca: _____

N.º de controle: _____
Data: ____/____/____.
Próxima avaliação: ____/____/____.
☐ Inspeção ☐ Manutenção
☐ Preventiva
☐ Corretiva

INSPEÇÃO

1. Condição geral do equipamento: _____
2. Condição do carregador de baterias: _____
3. Plugue e cordão de alimentação: _____
4. Pás, cabos e conectores: _____
5. Pasta de eletrodo e salina: _____
6. Fusíveis e circuitos de proteção: _____
7. Condição dos controles, indicadores e medidores: _____
8. Posição dos controles: _____
9. Acessórios: _____

Ação necessária	Ação tomada

MEDIDAS

10. Forma de Onda (Analisador acoplado ao osciloscópio com memória)

Duração	ms	Forma de onda	
T subida	ms		
V pico	kV		

11. Energia liberada (Utilizar analisador calibrado sobre R = 50 ohms)

Posição do Controle	Energia Indicada	Energia Liberada	Inspeção anterior (Energia Liberada)		

12. Energia liberada após 30s.

Máxima energia	J		
----------------	---	--	--

13. Salda da 10.ª descarga sucessiva

Máxima energia			
----------------	--	--	--

14. Tempo de carga para máxima energia

Na inspeção anterior	s		
Operação à bateria	s		
Operação à rede de CA	s		

15. Descarga interna da energia armazenada

	Sem	Lenta	Aceitável	Rápida		
Ligado						
Ao desligar						

16. Sincronismo do Cardioversor

☐ Correto ☐ Sem ☐ Incorreto

17. Correntes de fuga (Utilizar medidor de corrente de fuga)

17.1 Inter-eletrodos

Modo de Operação
Aterrado corretamente
Desaterrado, polar. normal
Desaterrado, polar. invertida

Máxima fuga (uA)	
Ligado	Desligado

17.2. Para terra

a) Ligado

	Chassis	Pás	Eletrodos
Aterrado corretamente			
Desaterrado, polar. normal			
Desaterrado, polar. invertida			

b) Desligado

	Chassis	Pás	Eletrodos
Aterrado corretamente			
Desaterrado, polar. normal			
Desaterrado, polar. invertida			

18. Isolação de entrada

Corrente		uA
----------	--	----

--	--

19. Resistência de terra

Chassis		Terminal R1	
---------	--	-------------	--

--	--

20. Monitor: qualidade traço

- ☐ Foco ☐ Intensidade ☐ Inclinação
☐ Interferência ☐ Pontos queimados ☐ Linha de base

21. Pulso interno de calibração

Altura do traço		mm (10mm/mV)
-----------------	--	--------------

--	--

22. Pulso externo de calibração

Amplitude		mm (10mm/mV)
-----------	--	--------------

- ☐ Resposta em baixa frequência
☐ Resposta em alta frequência
☐ Indicador de complexo QRS
☐ Monitoração através das pás
☐ Congelamento de ECG

23. Velocidade de varredura

Posição do controle		mm/s
Tempo de varredura	s	para mm

24. Outros testes

Descrição

25. Comentários e descrição de falhas

26. Inspeccionado por _____
(Extraído e adaptado de ECRI (1976) e Feinberg (1986)).

Ass.: _____

IV - CONCLUSÕES

A manutenção de desfibriladores - cardioversores não é responsabilidade exclusiva de técnicos e engenheiros biomédicos, mas co-participada com o usuário-operador. Cabe a este a utilização correta do equipamento, a inspeção diária de seu funcionamento, bem como a recarga de suas ba-

terias. Ao corpo técnico, cabe a manutenção preventiva periódica e a corretiva, dentro dos mais elevados graus de eficiência, rapidez e conforme as normas estabelecidas pelo IEC 601-1, 601-2-4 e ANSI/AAMI DF-2. É imprescindível lembrar que os desfibriladores constituem equipamentos de suporte à vida e que uma só falha poderá ser fatal para o paciente.

V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ECRI (1983). Evaluation: Line-Powered Defibrillators. Health Devices, vol. 12, n. 12, pp. 291-314.
- [2] SURAWICZ, B. (1971). Ventricular Fibrillation. The American Journal of Cardiology, vol. 28, pp. 268-87.
- [3] ZIPES, D.P. (1975). Electrophysiological Mechanisms Involved in Ventricular Fibrillation. Circulation, vol. 51/52, supl. III, pp. 120-30.
- [4] CHAMBERLAIN, D. (1986). Ventricular Fibrillation. The British Medical Journal, vol. 292, pp. 1068-70.
- [5] CRAMPTON, R. (1980). Accepted, Controversial and Speculative Aspects of Ventricular Defibrillation. Progress in Cardio-vascular Diseases, vol. 23, n. 3, pp. 167-86.
- [6] LAKE, C.L., SELLERS, T.D., NOLAN, S.P., GROSBY, I.K., WELLONS, H.A. e CRAMPTON, R.S. (1984). Energy Dose and other Variables Possibly Affecting Ventricular Defibrillation during Cardiac Surgery. Anesthesia and Analgesia, vol. 63, pp. 743-51.
- [7] LOWN, B. (1967). Electrical Reversion of Cardiac Arrhythmias. The British Heart Journal, vol. 29, pp. 469-89.
- [8] LOWN, B., NEUMAN, J., AMARASINGHAN, R. et al. (1962). Comparison of Alternating Current with Direct Current Countershock across Closed Chest. The American Journal of Cardiology, vol. 10, pp. 223-33.
- [9] ECRI (1971). Inspection of Defibrillators. Health Devices, vol. 1, n. 5, pp. 109-13.
- [10] ECRI (1973). Battery-Operated Defibrillator-Monitors. Health Devices, vol. 2, n. 4, pp. 87-102.
- [11] ECRI (1980). Evaluation: Battery-Powered Defibrillator-Monitors. Health Devices, vol. 9, n. 6, pp. 135-63.
- [12] ECRI (1976). Inspection & Preventive Maintenance of Battery Operated Defibrillator - Monitors, Health Devices, vol. 5, n. 3-4, pp. 90-6.
- [13] FLYNN, C.J., VOX, F.W. e BOURLAND, J.D. (1972). Indicated and Delivered Energy by DC Defibrillators. JAAMI, vol. 6, pp. 323-4.
- [14] IEC (1983). Particular Requirements for the Safety of Cardiac Defibrillators and Cardiac Defibrillator - Monitors. Publications n. 601-1/601-2-4.
- [15] ANSI (1981). Cardiac Defibrillator Devices, DF-2. AAMI.
- [16] NOHAMA, P. & FARIAS, M.A.C. (1989). Instrumento para Avaliar Desfibriladores e Cardioversores. Revista Brasileira de Engenharia — Caderno de Engenharia Biomédica, vol. 6, n. 2, pp. 64-70.
- [17] ANSI (1978). Safe Current Limits for Electromedical Apparatus, SCL 12, AAMI.
- [18] NOHAMA, P. & FARIAS, M.A.C. (1991). Desenvolvimento de um Analisador de Desfibriladores / Cardioversores. Tese de Mestrado, DEB/FEE - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
- [19] FEINBERG, B.N. (1986). Defibrillation and Cardioversion, in: Applied Clinical Engineering, Prentice Hall, USA, pp. 412-428.
- [20] O'DOWD, W.J. (1983). Defibrillator Design and Development: a Review. Journal of Medical Engineering & Technology, vol. 7, n. 1, pp. 5-15.